

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. August 2002 (22.08.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/065063 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01F 1/74, 1/86,  
1/712, G01N 27/08

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/01030

(22) Internationales Anmeldedatum:  
1. Februar 2002 (01.02.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
101 05 927.2 9. Februar 2001 (09.02.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): WESTFALIA LANDTECHNIK GMBH [DE/DE];  
Werner-Habig-Strasse 1, 59302 Oelde (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KAEVER, Peter  
[DE/DE]; Fritz-Reuter-Strasse 23, 59302 Oelde (DE).

(74) Anwalt: NEUMAN, Ditmar; Kahlhöfer - Neumann -  
Heilein, Karlstrasse 76, 40210 Düsseldorf (DE).

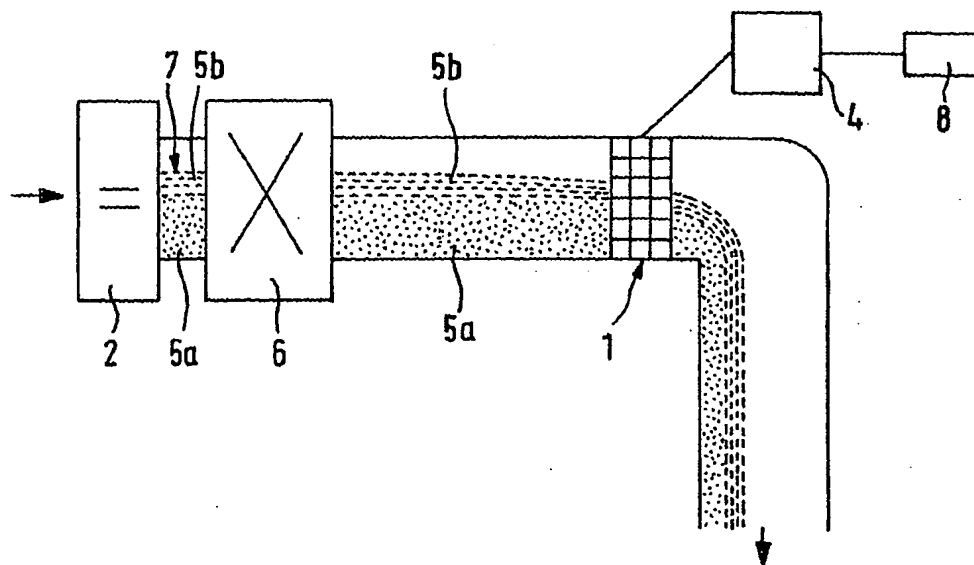
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ,  
LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN,  
MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,  
SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN,  
YU, ZA, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR DETERMINING THE MASS OF A FLOWING, FOAMING FLOW OF LIQUID

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DER MASSE EINES FLIESSENDEN, SCHÄUMENDEN FLUID-  
STROMS



(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for measuring a flow of liquid based on a contact resistance measurement working inside the flow, containing a high degree of precision and robustness and characterised by a low cost price, simple subsequent assembly and easy cleaning. According to the invention, the liquid is vertically scanned e.g. by means of segmented electrodes or optical systems having vertical resolution, only one section of the vertical segments is scanned for effective use of the measuring device. The vertical segments which are to be scanned are derived from the post values of the scanning and from a reference profile which contains, for example the number of phases in the flow of liquid.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/065063 A1



eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung eines Fluidstroms auf Basis einer Übergangswiderstandsmessung vorgestellt, die im Durchfluss arbeitet und einen hohen Grad an Präzision und Robustheit aufweist und sich durch geringe Anschaffungskosten, einfachen nachträglichen Aufbau und einfache Reinigung auszeichnet. Hierbei wird eine Höhenabtastung des Fluidstroms z.B. durch segmentierte Elektroden oder optische Systeme mit Höhenauflösung vorgenommen, wobei zur effizienten Nutzung der Messeinrichtung lediglich ein Teil der Höhensegmente abgetastet werden muss. Die abzutastenden Höhensegmente leiten sich aus Vergangenheitswerten der Abtastung sowie aus einem Referenzprofil ab, das beispielsweise die Anzahl der im Fluidstrom enthaltenen Phasen beinhaltet.

## VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DER MASSE EINES FLIESSENDEN, SCHAUMENDEN FLUIDSTROMS

Der Gegenstand der Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung eines Ist-Profiles der übereinander geschichteten Phasen eines fließenden, schäumenden Fluidstroms sowie auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung eines Massestroms eines fließenden, schäumenden Fluidstroms, insbesondere eines Milchstroms.

Mit zunehmender Technisierung der Milchviehhaltung besteht ein erhöhtes Interesse an der Bestimmung der tierindividuellen Milchmengen sowie der von einer Herde abgegebenen Milchmenge. Aus der Kenntnis der abgegebenen Milchmengen während einzelner Melkvorgänge bzw. über bestimmte Zeiträume, ist ein verbessertes Herdenmanagement möglich. Deshalb ist eine tierindividuelle Bestimmung der ermolkenen Milchmenge während eines jeden Melkvorgangs von Interesse. Eine genaue Wägung der Milch ist jedoch technisch sehr aufwendig und bei Mehrplatzmelkanlagen schwierig umzusetzen.

Es sind daher unterschiedliche Konzepte zur Bestimmung der Masse der ermolkenen Milch entwickelt worden. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Bestimmung der Masse der ermolkenen Milch durch eine Volumenmessung. Die hierzu vorgesehenen Geräte weisen eine Messkammer auf, bei denen entweder die Masse des Inhalts mittels Kippwagen oder das Volumen mittels Schwimmer bzw. Fühlerelektroden bestimmt wird. Geräte, bei denen die Unterteilung des Milchstroms in kleine Portionen, deren Volumen oder Masse bestimmt wird, halten den Zufluß zur Messkammer ständig geöffnet, und ein Ventil kontrolliert lediglich die Entleerung.

Des weiteren sind Einrichtungen bekannt, mit deren Hilfe die Masse der Milch im freien Durchfluß bestimmt werden soll. Diese Vorrichtungen verwenden Ultraschall- oder Infrarotsensoren und verengen den Querschnitt der Leitung stark

und/oder segmentieren den Fluidstrom mehrfach. Hierbei tritt die Problematik einer proportionalen Abscheidung eines Teilstroms mit hoher Genauigkeit auf. Bislang verfügbare Messgeräte auf Basis einer Leitwertmessung besitzen eine geringe Genauigkeit. Weiter gibt es Geräte, die durch binäre Auswertung des  
5 Sensorsignals den Fluidstrom bestimmen. Die Genauigkeit der Geräte, die nach der zweiten Methode arbeiten, hängt stark von externen Parametern wie Anbringung, Dynamik des Fluidstroms, Druck und anderen Parametern ab.

Geräte, die nach der ersten Methode arbeiten, weisen den Nachteil auf, daß der  
10 Fluidstrom zum einen nicht kontinuierlich gemessen wird und zum anderen, daß durch die komplexere Bauweise eine sorgfältige Reinigung der einzelnen Bestandteile notwendig ist.

Bei Geräten, die im Durchfluß arbeiten und deren Querschnitt der Leitung sich  
15 verengt bzw. der Fluidstrom mehrfach segmentiert wird, ergibt sich eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Verschmutzungen und schlechtere Reinigungsmöglichkeiten. Der beispielsweise in der US 5,083,459 beschriebene Strommesser führt zwar eine Übergangswiderstandsmessung durch, arbeitet aber mit einer Messkammer, in der sich das Fluid staut, so daß die Reinigung des Geräts  
20 aufwendig ist.

Geräte mit binärer Auswertung des Fluidstroms sind mit prinzipbedingten Ungenauigkeiten behaftet. Die starke Abhängigkeit von Anlagenparametern, wie zum Beispiel die Vakuumhöhe, ist bei der Einstellung vor Ort ein weiterer  
25 Nachteil. Bei Verwendung alternativer, aufwendiger physikalischer Verfahren auf Basis der Corioliskraft oder Magnetresonanz treten hohe Kosten auf.

Problematisch bei der Bestimmung der Masse der Milch ist, daß Milch ein stark schäumendes Fluid ist, so daß eine relativ hohe Messunsicherheit bezüglich der  
30 Masse der schäumenden Milch besteht. Dieses Problem ist bekannt und in der EP 0 315 201 A2 beschrieben worden.

Zur Lösung dieses Problems wird nach der EP 0 315 201 A2 vorgeschlagen, daß das gesamte Profil der schäumenden Flüssigkeit bestimmt wird. Hierbei wird berücksichtigt, daß sich die spezifische Dichte des Flüssigkeits- /Luftgemisches in  
5 Abhängigkeit von der Höhe ändert. Zur Messung der spezifischen Dichte der schäumenden Flüssigkeit auf den verschiedenen Höhenniveaus wird auf einer im wesentlichen entgaste Flüssigkeit enthaltenden Bezugsmessstrecke ein Bezugsmesswert gemessen. In Abhängigkeit davon, ob ein in Luft gemessener entsprechender Messwert größer oder kleiner als der auf dieser Bezugsmessstrecke  
10 erhaltene Bezugsmesswert ist, wird für jedes Höhenniveau eine Verhältniszahl entsprechend dem Verhältnis aus dem Bezugswert und dem Messwert auf diesem Höhenniveau bzw. dem Kehrwert des Verhältnisses gebildet. Gegebenenfalls kann entsprechend einer vorgegebenen Kalibrierung eine korrigierte Verhältniszahl, die für entgaste Flüssigkeiten gleich 1 und für Luft im wesentlichen gleich null ist,  
15 gebildet werden. Jede Verhältniszahl wird mit dem Wert für die spezifische Dichte der entgasten Flüssigkeit multipliziert. Das Ergebnis dieser Multiplikation liefert die spezifische Dichte der schäumenden Flüssigkeit. Zur Bestimmung der Masse einer schäumenden Flüssigkeit werden die Volumina bestimmt, und diese Volumina mit der spezifischen Dichte der schäumenden Flüssigkeit multipliziert.

20 Die Bestimmung der Messwerte erfolgt nach der EP 0 315 201 A2 beispielsweise mittels einer Messvorrichtung, die ein Gefäß aufweist, auf dessen Innenseite und in gleichen Höhenabständen übereinander mehrere einzelne und voneinander elektrisch isolierte Elektroden angeordnet sind. Den Elektroden gegenüberstehend  
25 ist eine Gegenelektrode angeordnet. An die Gegenelektrode wird eine Wechselspannung angelegt. Der Messwert zur Bestimmung der spezifischen Dichte der geschäumten Milch erfolgt für jede Elektrode aus einem entsprechenden Spannungsabfall, der von dem zwischen der Elektrode und der Gegenelektrode sich befindenden Medium abhängig ist.

30

Durch die EP 0 315 201 A2 ist des weiteren bekannt, daß als Messwert auch die

Lichtdurchlässigkeit auf bestimmten Höhenniveaus herangezogen werden kann.

Problematisch bei der durch die EP 0 315 201 A2 bekannten Verfahrensführung und Vorrichtung ist, daß bei einer Bestimmung der spezifischen Dichte mittels  
5 örtlich auflösender Messsonden zur Gewinnung der Höhe der Flüssigkeit eine große Anzahl von Messwerten aufgenommen werden muß. Diese Notwendigkeit verstärkt sich bei zeitlich stark veränderlichen Milchflüssen, so dass das dort beschriebenen Verfahren bei höheren Fließgeschwindigkeiten mit Nachteilen behaftet ist. Ein weiterer Nachteil besteht in dem Umstand, dass für im  
10 wesentlichen entgaste Flüssigkeit und für Schaum das gleiche Bewertungsschema verwendet wird, was zu einer Überbewertung des Schaumanteiles führt. Dies kann wiederum nur durch komplizierte Berechnungsvorschriften ausgeglichen werden, was die Übersichtlichkeit des Verfahrens verschlechtert und den numerischen Aufwand erheblich erhöht.

15 Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Zielsetzung zugrunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung anzugeben, die eine Bestimmung eines Ist-Profiles der übereinander geschichteten Phasen sowie eines Massestroms eines fließenden, schäumenden Fluidstroms, insbesondere eines Milchstroms, mit  
20 größerer Sicherheit auch bei höheren Fließgeschwindigkeiten ermöglicht.

Diese Zielsetzung wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Bestimmung eines Ist-Profiles der übereinander geschichteten Phasen eines Massestroms eines fließenden, schäumenden Fluidstroms mit den Merkmalen des Anspruchs 1, durch  
25 ein Verfahren zur Bestimmung eines Massestroms eines fließenden, schäumenden Fluidstroms, insbesondere eines Milchstroms, mit den Merkmalen des Anspruchs 2 bzw. durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 17 erreicht. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Verfahren sowie der Vorrichtung sind Gegenstand der jeweiligen abhängigen Ansprüche.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Bestimmung des Ist-Profiles der übereinander geschichteten Phasen eines fließenden, schäumenden Fluids, insbesondere eines Milchstroms, wird vorgeschlagen, dass die Bestimmung eines Ist-Profiles  $I_{tk}$  und der zugehörigen Höhenniveaus  $H_{tk}^j$  der übereinander geschichteten Phasen  $P_{tk}^j$  des geschäumten Fluidstroms zu jedem Zeitpunkt  $t_k$ , mit  $k=0, \dots, n$  erfolgt, wobei die Phasengrenzen ermittelt werden. Zur Bestimmung dieses Ist-Profiles werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Informationen aus vergangenen Abtastzeitpunkten  $k-1, k-2, \dots$  verwendet. Berechnungen abgeleiteter Größen, durch die das Fluid zum jeweiligen Abtastzeitpunkt  $t_k$  charakterisiert werden kann, erfordern daher nicht die Abtastung der Gesamtheit aller Höhenniveaus  $H_{tk}^j$ , sondern können mit einer Untermenge arbeiten, die insbesondere die Situation an den Phasengrenzen wiedergibt. Hierbei werden vorzugsweise so viele Höhenniveaus abgetastet, dass eine Zuordnung jedes Höhenniveaus  $H^i$  zu einer Phase  $P^j$  des Fluidstroms möglich ist.

Nach einem weiteren erfinderischen Gedanken wird ein Verfahren zur Bestimmung eines Massestroms eines fließenden, schäumenden Fluids, insbesondere eines Milchstroms, vorgeschlagen, bei dem zu jedem Abtastzeitpunkt  $t_k$  ein Ist-Profil  $I_{tk}$  und die zugehörigen Höhenniveaus  $H_{tk}^j$  der übereinander geschichteten Phasen  $P_{tk}^j$  des geschäumten Fluidstroms ermittelt werden. Die Bestimmung eines zu einem späteren Zeitpunkt  $t_{k+1}$  zugehörigen Ist-Profiles  $I_{tk+1}$  erfolgt in wenigstens einem Bereich der Höhenniveaus  $H_{tk}^j$ , der eine Phasengrenze  $PG_{tk}^j$  zweier benachbarter Phasen  $P_{tk}^j$  bzw.  $P_{tk}^{j+1}$ , mindestens eines vorangegangenen Abtastzeitpunktes  $t_{k-m}$  umfasst. Die zu den verschiedenen Phasen  $P^j$  zugehörigen Dichten  $\rho^j$ , Höhensegmente  $h^i$ , Breiten  $b^i$  des Fluidstroms und Geschwindigkeiten  $v^j$  werden ermittelt, wobei für den Massestrom  $\dot{m}$  gilt:

$$\dot{m} = \sum v^j \rho^j h^i b^i$$

Hierbei ist  $\dot{m}$  der Zeitwert des Massestromes, wobei sich die Summation über alle

Höhensegmente  $h^i$  und Breiten  $b^i$  des Fluidstromes erstreckt. Der Index  $j$  in der Summation ergibt sich durch Zuordnung der Höhenniveaus auf die Phasen  $P^j$ .

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann der Massendurchsatz und die Gesamtmasse eines fließenden, schäumenden Fluidstroms mit relativ hoher Genauigkeit ermittelt werden. Dadurch, daß überprüft wird, ob eine Veränderung der Höhenniveaus der Phasenübergänge der aktuellen Messung gegenüber den entsprechenden Höhenniveaus der vorhergehenden Phasenübergänge erfolgt, wird die Messung auf die den Fluidstrom charakterisierenden Merkmale begrenzt, so dass sich der Mess- und Auswertungsaufwand erheblich verringert.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird vorgeschlagen, dass die Dichten ( $\rho^j$ ) der verschiedenen Phasen  $P^j$  nach einem Referenzmodell eines schäumenden Fluidstroms ermittelt werden. Das Referenzmodell kann zur Dichte  $\rho^k$  jeder Phase  $P^k$  Informationen über deren Zusammenhang mit der Dichte des entgasten Fluids oder den Dichten  $\rho^j$  anderer Phasen  $P^j$ ,  $k \neq j$  enthalten. Beispielsweise kann die Dichte  $\rho^k$  einzelner Phasen  $P^k$  durch Verhältniswerte oder Berechnungen des Referenzmodells aus der Dichte  $\rho^j$  anderer Phasen  $P^j$  abgeleitet werden, die wiederum durch direkte oder indirekte Messung, Parametrierung vor Ort oder Labormessung gegeben sind.

Die Dichte  $\rho^k$  der Phase  $P^k$  kann aber auch durch direkte oder indirekte Messung, Parametrierung vor Ort oder Labormessung gegeben sein. Dabei kann die Messung der Dichte  $\rho^k$  einer Phase  $P^k$  durch Messung oder Parametrisierung einzelner oder mehrerer Höhenniveaus  $H^i$  erfolgen.

Als zusätzliche Phase zur Ermittlung der Dichte  $\rho^k$  kann die Dichte  $\rho^e$  des entgasten Fluids berücksichtigt wird, die wiederum durch direkte oder indirekte Messung oder Parametrierung vor Ort oder Labormessung gegeben ist. Die Messung vor Ort kann dabei an einer anderen Stelle als der zur Bestimmung der



Phasengrenzen bestimmten Stelle erfolgen.

Vorzugsweise wird wenigstens ein Referenzprofil R der auf verschiedenen Höhenniveaus  $H^j$  liegenden Phasen  $PR^j$  eines geschäumten Referenzfluids erstellt, wobei das Referenzprofil R die spezifische Dichte  $\rho^j$  oder eine zu der spezifischen Dichte  $\rho^j$  proportionale Kenngröße  $K^j$  für die einzelnen Phasen  $PR^j$  und/oder Phasenübergänge  $PGR^j$  enthält, und das Ist-Profil  $I_{tk}$  mit dem Referenzprofil R zur Ermittlung der spezifischen Dichte  $\rho_{tk}^j$  der zugehörigen Volumina  $V_{tk}^j$  und der Phasenübergänge  $PG_{tk}^j$  verglichen wird. Die Bestimmung des Referenzprofils erfolgt vorzugsweise labortechnisch, so daß genaue Daten bezüglich der Phasenübergänge, der spezifischen Dichte der einzelnen Phasen ermittelt werden können. Durch den Vergleich des Ist-Profiles mit dem Referenzprofil kann in einer vereinfachten Weise die Bestimmung der wesentlichen Größen, die zur Ermittlung der Masse eines fließenden, schäumenden Fluidstroms notwendig sind, erzielt werden.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird vorgeschlagen, dass die Geschwindigkeiten  $v^j$  der verschiedenen Phasen  $P^j$  durch Messung und/oder aus einem Referenzmodell des schäumenden Fluidstroms bestimmt werden. Vorzugsweise werden hierbei die Geschwindigkeiten  $v^j$  aus Dicken  $d^j$  der Phasen  $P^j$  ermittelt. Das Referenzmodell enthält hierbei Verhältnswerte oder Berechnungsvorschriften für die Geschwindigkeiten  $v^j$  einzelner oder mehrerer Phasen  $P^j$  untereinander. Hierbei kann die Geschwindigkeit einzelner oder aller Phasen durch direkte oder indirekte Messung ermittelt werden.

Die Geschwindigkeit  $v^j$  kann aus den Dicken  $d^j$  der Phasen  $P^j$  nach dem Fließgesetz bestimmt werden. Hierbei wird die Dicke der Phasenschicht an wenigstens zwei voneinander beabstandeten Stellen abgetastet und die zu den Stellen gehörige Signale miteinander korreliert. Durch Korrelation ergibt sich der

Zeitversatz  $\Delta t^j$  der Signale der wenigstens zwei Stellen. Aus der bekannten Streckendifferenz  $\Delta s^j$  zwischen den Messstellen kann die Geschwindigkeit  $v^j$  der Phase  $P^j$  gemäß

5 
$$v^j = \Delta s^j / \Delta t^j$$

bestimmt werden.

Bevorzugt ist eine Verfahrensführung, bei der zunächst eine Bestimmung eines  
10 Ist-Profils  $I_k$  und der zugehörigen Höhenniveaus  $H_{tk}^j$  der übereinander geschichteten Phasen  $P_{tk}^j$  des geschäumten Fluidstroms zu einem Zeitpunkt  $t_k$  erfolgt, wobei die Phasengrenzen gesucht werden. Aus den Daten des Ist-Profils  $I_k$  erfolgt die Ermittlung der spezifischen Dichte  $\rho_{tk}^j$ , der zugehörigen Volumina  $V_{tk}^j$  sowie der zugehörigen Phasenübergänge  $PG_{tk}^j$  auf den entsprechenden  
15 Höhenniveaus  $H_{tk}^j$ . Zu einem späteren Zeitpunkt  $t_{k+1}$  erfolgt eine weitere Bestimmung des Ist-Profils  $I_{k+1}$  im Höhenbereich der vorhergehenden Phasenübergänge  $PG_{k-1}$ . Nunmehr erfolgt eine Überprüfung, ob eine Veränderung der Höhenniveaus  $H_{tk}^j$  der Phasenübergänge  $PG_{tk}^j$  gegenüber den entsprechenden Höhenniveaus  $H_{tk-m}^j$  der vorhergehenden Phasenübergänge  $PG_{tk-m}^j$  vorliegt. Ergibt  
20 die Überprüfung, daß eine Veränderung der Höhenniveaus  $H_{tk}^j$  der Phasenübergänge  $PG_{tk}^j$  der letzten Messung innerhalb eines Toleranzfeldes liegt, so wird davon ausgegangen, daß das Profil der übereinandergeschichteten Phasen gegenüber der vorhergehenden Messung unverändert ist.

Ergibt die Überprüfung, daß eine Veränderung der Höhenniveaus  $H_{tk}^j$  der  
25 Phasenübergänge  $PG_{tk}^j$  der aktuellen Messung außerhalb eines Toleranzfeldes liegt, so wird das bereits abschnittsweise bekannte Ist-Profil durch weitere Messung vervollständigt und die spezifische Dichte, die zugehörigen Volumina und die Phasenübergänge des neuen Ist-Profils ermittelt. Durch diese selektive  
30 Messung und Aktualisierung des Gesamt-Ist-Profils ist lediglich eine

Aktualisierung des Ist-Profiles erforderlich, was den Realisierungsaufwand bei der Messung und bei der Bewertung stark reduziert.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird  
5 vorgeschlagen, daß die Bestimmung des Ist-Profiles und/oder die Überprüfung einer möglichen Änderung der Höhenniveaus der Phasenübergänge auf Basis einer Übergangswiderstandsmessung erfolgt. Die Übergangswiderstandsmessung liefert zeitaufgelöste Übergangswiderstandssignale im freien Fluidstrom. Frei bedeutet in  
10 diesem Zusammenhang, daß die Messung im Fluidstrom ohne Rückstau des Fluids erfolgt. Es sind daher weder Kammern noch andere strömungshemmende Einrichtungen erforderlich, mit anderen Worten die Meßmethode ist eine wirkliche Fluid-Strommessung, die einen geringen Strömungswiderstand aufweist und benötigt nicht den Umweg über eine Druckmessung.

15 Die Übergangswiderstandsmessung erfolgt vorteilhafterweise zwischen mindestens zwei parallel verlaufend beabstandeten, im freien Fluidstrom teilweise stehenden Elektroden, insbesondere elektrischen Leitern. Das Übergangswiderstandssignal kann eine eindimensionale Größe sein, wie es der Fall von zwei Leitern nahe liegt. Es kann aber auch eine mehrdimensionale Größe  
20 sein, wenn mehrere Leiter verwendet werden und die Übergangswiderstände zwischen den einzelnen Leitern bestimmt werden. Diese vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens hat zur Folge, daß insbesondere eine hohe Messgenauigkeit erreicht wird. Durch diese Verfahrensführung wird eine große Robustheit gegen den Einfluß von anderen Parametern erreicht. Der Einsatz  
25 beispielsweise elektrischer Leiter führt zu einer kompakten Bauform und ermöglicht eine einfache Reinigung sowie die Anpassung an vorhandene Anlagen. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht daher eine wirtschaftliche Umsetzung desselben und besitzt eine wartungsarme Arbeitsweise.

30 Gemäß einer noch vorteilhaften Ausgestaltung wird vorgeschlagen, daß der Fluidstrom über eine Kante oder eine Schräge geführt wird und das

Übergangswiderstandssignal zwischen den mindestens zwei parallel zueinander verlaufend beabstandeten Leitern an der Kante oder Schräge bestimmt wird. Je nach Stärke des Fluidstroms werden die Leiter verschieden stark vom Fluidstrom umspült, so daß ein geringerer Widerstand zwischen den Leitern für stärkere  
5 Fluidströme erzielt wird. In der einfachsten Ausführungsform wird durch eine geeignete Geometrie der Leiter ein proportionales Verhältnis zwischen Fluidstrom und Widerstand erzielt. Alternativ ist das Messen des Fluidstroms auch für andere Geometrien möglich, erfordert jedoch eine geeignete, gegebenenfalls nichtlineare, Umrechnung des Widerstandssignals auf den tatsächlichen Fluidstrom.

10

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird der Fluidstrom wenigstens in einem Abschnitt in ein Fallrohr geführt und das Übergangswiderstandssignal dort zwischen mindestens zwei parallel zueinander verlaufend beabstandeten Leitern bestimmt. Der Vorteil dieser Ausführungsform  
15 ist, daß zum einen Messfehler aufgrund einer zeitlich verändernden Viskosität des Fluids und zum anderen Schwankungen der Geschwindigkeit des Fluidstroms weniger ins Gewicht fallen. Eine genaue Bestimmung der Stärke des Fluidstroms kann damit direkt aus einer einfachen Querschnittsmessung des Fluidstroms, wie sie durch mindestens zwei elektrische Leiter realisiert wird, erfolgen.

20

Vorzugsweise erfolgt die Messung mittels segmentierter Elektroden. Alternativ oder zusätzlich zu Elektroden kann auch eine Bestimmung des Ist-Profiles auf der Basis einer optischen Messung erfolgen. Die optische Messung kann dabei durch optische Elemente mit örtlich integrierten Auswertung erfolgen. Hierbei handelt  
25 es sich vorzugsweise um Linsensysteme. Vorzugsweise erfolgt die Messung durch die Verwendung integrierter Mittel mit optisch auflösender Messung. Bei den Mitteln handelt es sich vorzugsweise um CCD Elemente.

Vorzugsweise wird der Leitwert des Fluids zeitaufgelöst gemessen. Hiermit  
30 können zeitliche Schwankungen des Übergangswiderstandssignals aufgrund von Schwankungen des Leitwerts des Fluids, wie sie im Fall von Milch durch eine

sich zeitlich verändernde Zusammensetzung der Milch innerhalb eines Gemelks hervorgerufen werden, festgestellt und bei der Bestimmung des Fluidstroms aus dem Übergangswiderstandssignal berücksichtigt werden. Vorteilhafterweise werden sowohl der Leitwert des Fluids in der rein flüssigen Phase als solche als  
5 auch der Leitwert des Fluids in der Flüssigkeits-Gas-Phase gemessen.

Die Übergangswiderstandsmessung und/oder die Leitwertmessung des Fluids erfolgt mittels eines Wechselstroms. Dieses hat zum Vorteil, daß elektrolytische Ablagerungen an den Messelektroden, die zu einer Überspannung und damit zu  
10 verfälschten Messergebnissen führen, vermieden werden.

Zu einer noch weiteren quantitativen Verbesserung der Bestimmung der Masse eines fließenden, schäumenden Fluids wird vorgeschlagen, daß zunächst die Konformität des Fluidstroms mittels einer Konformitätseinrichtung hergestellt  
15 wird. Die Aufgabe der Konformitätseinrichtung besteht im wesentlichen darin, den Fluidstrom zu beruhigen. Die Konformitätseinrichtung kann auch zusätzliche Aufgaben übernehmen. Sie kann beispielsweise dazu dienen, die Anzahl der übereinander geschichteten Phasen zu reduzieren, so daß das Feld der Höhenniveaus und somit der durchzuführenden Messvorgänge reduziert wird,  
20 ohne daß eine Verringerung der Genauigkeit der Bestimmung der Masse des fließenden, schäumenden Fluidstroms erzielt wird.

Gemäß einem weiteren erfinderischen Gedanken wird eine Vorrichtung zur Bestimmung der Masse eines fließenden, schäumenden Fluids, insbesondere eines  
25 Milchstroms, vorgeschlagen, die eine Messeinrichtung zur Bestimmung eines Ist-Profiles und der zugehörigen Höhenniveaus der übereinander geschichteten Phasen des geschäumten Fluidstroms zu vorgegebenen Zeitpunkten aufweist. Die Vorrichtung hat auch eine Speichereinheit, in der die für das Ist-Profil signifikanten Daten gespeichert werden. Zur Auswertung der für das Ist-Profil  
30 relevanten Größen, insbesondere der spezifischen Dichte, der zugehörigen Volumina und der Phasenübergänge, ist eine Auswerteeinheit vorgesehen. Mittels

einer Vergleichseinheit erfolgt eine Überprüfung, ob eine Veränderung der Höhenniveaus der Phasenübergänge der aktuellen Messung gegenüber den entsprechenden Höhenniveaus der vorhergehend ermittelten Phasenübergänge vorliegt. Des weiteren hat die Vorrichtung eine Steuereinheit, die mit der Vergleichseinheit und der Messeinrichtung elektrisch verbunden ist, wobei die Steuereinheit die Messeinrichtung zu vorgegebenen Zeitintervallen in Abhängigkeit von dem Ergebnis des Vergleichs so ansteuert, dass eine Messung wenigstens im Höhenbereich der vorhergehend ermittelten Phasenübergänge erfolgt. Zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit des Fluidstroms ist eine spezielle Einrichtung oder ein Korrelationsverfahren vorgesehen.

Dies erfindungsgemäße Vorrichtung zur Bestimmung der Geschwindigkeiten in einem fließenden, schäumenden Fluidstrom, insbesondere eines Milchstroms, hat den Vorteil, daß mit relativ einfachen Mitteln und mit einer hohen Genauigkeit die Bestimmung der Geschwindigkeit erreicht wird.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung wird vorgeschlagen, daß stromaufwärts der Messeinrichtung eine Konformiereinrichtung für den Fluidstrom vorgesehen ist. Durch die Konformiereinrichtung wird eine Vergleichmäßigung des Fluidstroms erzielt, so daß die Rahmenbedingungen der Messung sich vereinfachen und sich der Aufwand verringert.

Die Messeinrichtung wird nach einer Ausgestaltung des Verfahrens durch wenigstens ein Widerstandsmessgerät gebildet, das mindestens zwei beabstandete elektrische Leiter aufweist, wobei das Widerstandsmessgerät den zeitaufgelösten Übergangswiderstand zwischen den beabstandeten elektrischen Leitern bestimmt, die so vorzugsweise im freien Fluidkanal angeordnet sind, daß sie beide stets von dem Fluidstrom teilweise umspülbar sind.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung werden die Leiter parallel zueinander verlaufend beabstandet an einer Kante oder einer

Schrägen angeordnet. Hierbei ist es unerheblich, ob sie senkrecht, waagerecht, schräg oder seitlich zum Fluidstrom verlaufen, entscheidend ist, daß sie die Oberfläche des Fluidstroms durchkreuzen, so daß die Schwankungen der Höhe des Fluidstroms, die gerade das Maß für die Stärke des Fluidstroms sind, vom Widerstandssignal erfaßt werden können.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Vorrichtung werden die Leiter parallel zueinander verlaufend beabstandet in einem Fallrohr angeordnet. Diese Anordnung hat zum Vorteil, daß der Einfluß der zeitlich verändernden Strömungsgeschwindigkeit des Fluids, der Leitfähigkeit sowie der Einfluß einer sich zeitlich verändernden Viskosität minimiert wird.

Zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit des Fluidstroms wird neben einer direkten Messung oder der Verwendung eines nachgeordneten Fallrohres vorgeschlagen, dass die Vorrichtung zwei in Strömungsrichtung des Fluidstroms hintereinander angeordnete Messeinrichtungen aufweist, die mit einer Korrelationseinheit verbunden sind. Durch Korrelation der aus den Messeinrichtungen ermittelten Daten und in Kenntnis des Abstandes zwischen den Messeinrichtungen kann durch Korrelation der Messergebnisse die Bestimmung der Fließgeschwindigkeit erreicht werden.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch und im Schnitt übereinander geschichtete Phasen eines Referenzfluids,

Fig. 2 schematisch ein Diagramm der Abhängigkeit einer spezifischen Dichte vom Höhenniveau des Referenzfluids,

Fig. 3 eine Momentaufnahme eines Fluidstroms im Querschnitt,

Fig. 4 schematisch ein Diagramm der spezifischen Dichte in Abhängigkeit vom Höhenniveau des Fluids,

5 Fig. 5 schematisch eine erste Ausgestaltung der Vorrichtung zur Messung eines Fluidstroms im Querschnitt,

Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung im Querschnitt,

10 Fig. 7 einen Ausschnitt der Vorrichtung nach Fig. 5 für zwei unterschiedlich große Fluidströme,

Fig. 8 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung im Querschnitt und

15 Fig. 9 ein noch weiteres Ausführungsbeispiel der Vorrichtung.

Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau eines Referenzfluids. Das Referenzfluid hat  
20 einen mehrschichtigen Aufbau. Es weist mehrere übereinander geschichtete Phasen  $PR^4$  auf. Zwischen den benachbarten Phasen liegt jeweils eine Phasengrenze  $PGR^1$  bis  $PGR^4$  auf. Bei der Phasengrenze  $PGR^4$  handelt es sich um eine Phasengrenze zwischen einer schaumförmigen Phase  $PR^4$  und Luft. Die Phasengrenzen liegen auf unterschiedlichen Höhenniveaus  $H^1$  bis  $H^4$ . In dem  
25 dargestellten Ausführungsbeispiel des Referenzfluids handelt es sich bei der Phase  $PR^1$  um Flüssigkeit, während bei den Phasen  $PR^2$ ,  $PR^3$  und  $PR^4$  es sich um Schäume handelt, die unterschiedlicher Konsistenz sind.

Figur 2 zeigt schematisch ein Referenzprofil R in einem Diagramm. Auf der  
30 Abszisse sind die Höhenniveaus  $H^i$  normiert auf das größte mögliche Höhenniveau  $H^4$ . Auf der Ordinate ist die spezifische Dichte  $\rho^j$  bezogen auf die



spezifische Dichte der Flüssigkeit des Fluids normiert. Signifikante Änderungen der spezifischen Dichte  $\rho^j$  definieren die Phasengrenzen  $PGR^j$ .

Figur 3 zeigt schematisch eine Momentaufnahme eines Fluidstroms, insbesondere eines fließenden, schäumenden Milchstroms. Der Milchstrom weist drei übereinander geschichtete Phasen  $PI^1_{10}$ ,  $PI^2_{10}$  und  $PI^3_{10}$  auf. Zwischen den einzelnen Phasenschichten liegen die Phasengrenzen  $PG^1_{10}$ ,  $PG^2_{10}$  und  $PG^3_{10}$ . Diese Phasengrenzen liegen auf den entsprechenden Höhenniveaus  $H^1$ ,  $H^2$  bzw.  $H^3$ .

Das Ist-Profil  $I_{10}$  wird zur Ermittlung der spezifischen Dichte  $\rho^j_{10}$  und der Phasenübergänge  $PG^j_{10}$  mit dem Referenzprofil  $R$  verglichen. Diesen Vergleich zeigt die Figur 4.

Die Fig. 5 zeigt im Querschnitt eine Vorrichtung zur Bestimmung eines Fluidstroms 5. Die Strömungsrichtung des Fluids wird von Pfeilen angezeigt. Zunächst wird das Fluid von einer Konformiereinrichtung 2 aufgenommen. Die Aufgabe der Konformiereinrichtung 2 ist, den Fluidstrom 5 zu beruhigen, gegebenenfalls auch um die Anzahl der Phasen zu verringern. Dieses geschieht beispielsweise mit Hilfe von speziell geformten Kammern, Löchern, Schlitzen, Netzen und/oder Abscheidevorrichtungen wie U-Rohren oder ähnlichem. Anschließend wird der Fluidstrom 5 über eine Fluidzuleitung 7 von der Konformiereinrichtung 2 zu einer Messeinrichtung 6 zur Bestimmung des Leitwertes des Fluids geführt. Die Messeinrichtung 6 umfaßt im wesentlichen eine Messzelle, die zwei Elektroden 1a, 1b enthält, welche vollständig vom Fluidstrom 5 umspült den Übergangswiderstand des Fluids vorzugsweise mittels eines Wechselstroms messen. Mit Hilfe der geometrischen Abmessungen der Messzelle und dem gemessenen Übergangswiderstandssignal läßt sich der Leitwert des Fluids bestimmen. Die Elektroden sind vorzugsweise segmentiert ausgebildet. Alternativ oder zusätzlich zu den Elektroden kann auch eine Bestimmung des Ist-Profils auf der Basis einer optischen Messung erfolgen. Die

optische Messung kann dabei durch optische Elemente mit örtlich integrierten Auswertung erfolgen. Hierbei handelt es sich vorzugsweise um Linsensysteme. Vorzugsweise erfolgt die Messung durch die Verwendung integrierter Mittel mit optisch auflösender Messung. Bei den Mitteln handelt es sich vorzugsweise um  
5 CCD Elemente.

Es ist besonders vorteilhaft, den Leitwert zeitaufgelöst zu bestimmen, da sich die Zusammensetzung des Fluids innerhalb eines Gemelkes, abhängig von der Tages- und Jahreszeit, von der Ernährung und Gesundheit des Viehs und andern  
10 Parametern stark verändern kann.

Die Leitwertmessung ist von der tatsächlichen Stärke des Fluidstroms 5 unabhängig. An die Messeinrichtung 6 zur Bestimmung des Leitwertes schließt sich ein Fluidkanal 3 an, der einen Knick 3a aufweist, so daß der Fluidstrom 5  
15 nach einem anfänglich waagerechten Verlauf in einem Fallrohr 3b vertikal nach unten fließt, wo er sich dann in einem nachgeordneten und in der Abbildung nicht gezeigten Gefäß ergießt. Zwei parallel zueinander verlaufend beabstandete Elektroden 1a, 1b sind im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 im Knick 3a angeordnet und können beispielsweise Drähte sein. Der Fluidstrom 5 umspült die  
20 beiden Elektroden 1a, 1b in der Weise teilweise, daß je nach Stärke des Fluidstroms 5 ein mehr oder weniger größerer Abschnitt der beiden Elektroden 1a, 1b vom Fluid umspült wird. Ein stärkerer Fluidstrom 5 führt zu einer breiteren Kontaktierung der beiden Elektroden 1a, 1b und dadurch zu einem geringeren Übergangswiderstand zwischen den beiden Elektroden 1a, 1b. Ein  
25 Widerstandsmessgerät 4 misst den Übergangswiderstand zwischen den beiden Elektroden 1a, 1b zeitaufgelöst, d.h. kontinuierlich, und gibt ein Maß für die Höhe des Fluidstroms 5 entlang der Achse der beiden Elektroden 1a, 1b. Dem Widerstandsmessgerät 4 nachgeschaltet ist ein Mikroprozessor 8, welcher eine Ermittlung der Fluidmenge aus einem zeitaufgelösten  
30 Übergangswiderstandssignal und/oder einem zeitaufgelösten Leitwertsignal des Fluids ermöglicht. Der Knick 3a kann, wie er hier dargestellt ist, einen Winkel

von  $90^\circ$  aufweisen. Andere Winkel insbesondere kleiner als  $90^\circ$  sind jedoch ebenso möglich wie eine Rundung oder Schräge anstelle eines Knicks 3a.

An der Ausführung erkennt man, daß der Fluidkanal 3 frei ist, insbesondere keine  
5 Messkammer enthält. Die Elektroden 1a, 1b können ebenso plattenförmig  
ausgebildet sein. Vorteilhaft ist, wenn die Elektroden 1a, 1b parallel zueinander  
verlaufend beabstandet sind, da dann zur Bestimmung des Fluidstroms 5 der  
Übergangswiderstand herangezogen wird. Vorteilhaft ist es auch, die  
Elektroden 1a, 1b in die Wand des Fluidkanals 3 zu integrieren, so daß kein  
10 zusätzlicher Strömungswiderstand auftritt und die Reinigung des Fluidkanals 3  
vereinfacht sowie die Anfälligkeit der Einrichtung 6 gegenüber Verschmutzung  
herabgesetzt wird. Der Fluidkanal 3 selber kann einen beliebigen Querschnitt  
haben, bevorzugt ist jedoch ein rechteckiger Querschnitt.

15 Wenigstens eine der Elektroden ist im wesentlichen senkrecht zur  
Strömungsrichtung betrachtet segmentiert. Zum Zeitpunkt  $t_0$  wird eine Messung  
durchgeführt, aus der sich das Ist-Profil  $I_0$  des Fluidstroms ergibt. Aus diesem Ist-  
Profil  $I_0$  und der zugehörigen Höhenniveaus  $H_{i0}^j$ , die der Höhenlage der einzelnen  
Segmente der Elektrode entsprechen, können die übereinander geschichteten  
20 Phasen  $P_{i0}^j$  des geschäumten Fluidstroms 5 ermittelt werden. Anhand des Ist-  
Profils können die spezifische Dichte  $\rho_{i0}^j$  und der Phasenübergänge  $PG_{i0}^j$  des Ist-  
Profils  $I_0$  sowie die Höhensegmente  $h^j$  und Breiten  $b^j$  des Fluidstromes bestimmt  
werden.

25 Nach einem vorgegebenen Zeitintervall erfolgt eine erneute Bestimmung eines Ist-  
Profils  $I_{t1}$  im Höhenbereich der vorhergehenden Phasenübergänge  $PG_{i0}^j$ . Die so  
neu ermittelten Abschnitte des Ist-Profils  $I_{t1}$  werden mit den bereits bekannten  
Daten des Ist-Profils  $I_0$  verglichen. Zeigt der Vergleich, daß die Veränderung der  
Phasenübergänge innerhalb eines Toleranzfeldes liegt, so wird angenommen, daß  
30 der Fluidstrom 5 zum Zeitpunkt  $t_1$  den gleichen Schichtaufbau hat, wie zum  
Zeitpunkt  $t_0$ .

- Liegt die Veränderung außerhalb eines Toleranzfeldes, so wird das Ist-Profil  $I_{t_1}$  vollständig ermittelt, wobei z.B. lediglich nur noch die Elektrodenabschnitte angesteuert werden, die genauere Informationen über die Phasengrenzen ergeben.
- 5 Hieraus ergibt sich ein vollständiges Ist-Profil zum Zeitpunkt  $t_1$ , aus dem dann anschließend die zur Bestimmung der Masse notwendigen Daten ermittelt werden.

- Dieser Vorgang wird während der gesamten Fließdauer des Fluidstroms 5 in vorgegebenen Zeitintervallen durchgeführt. Durch Kenntnis der spezifischen
- 10 Dichten  $\rho_{jk}^j$ , der Fließgeschwindigkeit und der Flußdauer kann die Masse des Fluidstroms 5 bestimmt werden. Für den Massestrom  $\dot{m}$  gilt:

$$\dot{m} = \sum v^j \rho^j h^i b^i$$

- 15 Hierbei ist  $\dot{m}$  der Zeitwert des Massestromes, wobei sich die Summation über alle Höhensegmente  $h^i$  und Breiten  $b^i$  des Fluidstromes erstreckt. Der Index  $j$  in der Summation ergibt sich durch Zuordnung der Höhenniveaus auf die Phasen  $P^j$ .

- Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung im Querschnitt.
- 20 Im Unterschied zu Fig. 5 sind die Elektroden 1a, 1b in dem Abschnitt des Fluidkanals 3 angeordnet sind, der vertikal verläuft, also im Fallrohr 3b. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß Schwankungen in der Viskosität, wie sie beispielsweise im Fall einer zeitlich veränderlichen Zusammensetzung der Milch innerhalb eines Gemelks zustande kommen, die Messgenauigkeit der Vorrichtung
- 25 nicht beeinträchtigen. Die Vertikalgeschwindigkeit des Fluidstroms 5 ist maßgeblich gegeben durch die Fallhöhe und ist im wesentlichen unabhängig von der Viskosität.

- Fig. 7 zeigt einen Ausschnitt der Vorrichtung nach Fig. 5 für zwei
- 30 unterschiedliche Zustände: Bei einem stärkeren Fluidstrom 5a ist die Oberfläche

höher als bei einem schwächeren Fluidstrom 5b. Man erkennt, daß für den stärkeren Fluidstrom 5a die Elektroden 1a, 1b entlang ihrer Achse über eine größere Höhe vom Fluid benetzt und somit kontaktiert werden.

- 5 Fig. 8 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung im Querschnitt. Hierbei sind die Elektroden 1a, 1b segmentierte Elektroden wie z.B. Netze von Drähten oder Felder von Punktkontakten, zwischen denen jeweils der Übergangswiderstand gemessen wird, so daß sowohl der Fluidstrom 5a in der rein flüssigen Phase als auch der Fluidstrom 5b in der Flüssigkeits-Gas-Phase  
10 bestimmbar ist. Mit Hilfe der segmentierten Elektroden wird der Milchstrom 5a, 5b räumlich aufgelöst.

Die vorliegende Erfindung eignet sich insbesondere zur Messung eines pulsierenden Fluidstroms 5 und arbeitet im Durchfluß mit einem hohen Grad an  
15 Präzision und Robustheit. Sie zeichnet sich durch geringe Anschaffungskosten, einfache Nachrüstung und einfache Reinigung aus.

- Fig. 9 zeigt schematisch eine Vorrichtung zur Bestimmung der Masse eines fließenden, schäumenden Fluidstroms, insbesondere eines Milchstroms. Die  
20 Vorrichtung umfaßt eine Messeinrichtung zur Bestimmung eines Ist-Profiles und der zugehörigen Höhenniveaus der übereinander geschichteten Phasen des geschäumten Fluidstroms zu vorgegebenen Zeitpunkten. Die Messeinrichtung 9 ist mit einer Speichereinheit 10 verbunden, in der die für das Ist-Profil signifikanten Daten gespeichert werden. Die Vorrichtung ist des weiteren mit  
25 einer Auswerteeinheit 11 versehen, in der das Ist-Profil hinsichtlich relevanter Größen, insbesondere hinsichtlich der spezifischen Dichte, der zugehörigen Volumina und der Phasenübergänge des Ist-Profiles ausgewertet wird. In einer Vergleichseinheit 12 erfolgt eine Überprüfung, ob eine Änderung des Höhenniveaus der Phasenübergänge über den entsprechenden Höhenniveaus der  
30 vorhergehend ermittelten Phasenübergänge vorliegt. Die Vorrichtung umfaßt des weiteren eine Steuereinheit 13, die mit der Vergleichseinheit 12 und der

Messeinrichtung 9 elektrisch verbunden ist, wobei die Steuereinheit 13 die Messeinrichtung so in vorgegebenen Zeitintervallen in Abhängigkeit von dem Ergebnis des Vergleichs ansteuert, daß eine Messung wenigstens im Höhenbereich der vorhergehend ermittelten Phasenübergänge erfolgt. Des weiteren ist eine  
5 Einrichtung 14 zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit des Fluidstroms oft vorgesehen, die ebenfalls mit der Steuereinheit 13 verbunden ist.

**Bezugszeichenliste**

	1, 1a, 1b	Elektrode
	2	Konformiereinrichtung
5	3	Fluidkanal
	3a	Knick im Fluidkanal 3
	3b	Fallrohr
	4	Widerstandsmessgerät
	5	Fluidstrom
10	5a	Fluidstrom in rein flüssiger Phase
	5b	Fluidstrom in Flüssigkeit-Gas-Phase
	6	Einrichtung zur Messung des Leitwertes des Fluids
	7	Fluidzuleitung
	8	Mikroprozessor

15

Abkürzungen mit Bezug zu den Fluidphasen:

 $P^j$  : Phase j des Fluidums20  $I_t$  : Ist-Profil der Phasen des Fluidums zum Zeitpunkt t $PG^j$  : Phasengrenze der Phase j zur Phase j+1 $H_t^j$  : Höhenniveau der Grenzschicht der Phase j zur Phase j+1

25

 $\rho^j$  : Dichte der Phase j $\rho^e$  : Dichte des entgasten Fluidums30  $v^j$  : Geschwindigkeit der Phase j $d^j$  : Schichtdicke der Phase j

35 Abkürzungen mit Bezug zu Messstellen:

 $h^i$  : Höhendifferenz der Messstelle i zur Messstelle i+1

$b^i$ : Breite des Milchkanals an der Messstelle  $i$

$\Delta s^j$ : Abstand zwischen zwei im Fluidstrom nacheinander angeordneten  
5 Messstellen, wobei beide in der gleichen Phase  $j$  liegen.



### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Ist-Profiles der übereinander geschichteten Phasen ( $P^j$ ) eines fließenden, schäumenden Fluidstroms (5), insbesondere eines Milchstroms, bei dem zu jedem Abtastzeitpunkt ( $t_k$ ) ein Ist-Profil ( $I_{tk}$ ) und die zugehörigen Höhenniveaus ( $H_{tk}^j$ ) der übereinander geschichteten Phasen ( $P_{tk}^j$ ) des geschäumten Fluidstroms (5) ermittelt werden, wobei die Bestimmung eines zu einem späteren Zeitpunkt ( $t_{k+1}$ ) zugehörigen Ist-Profiles ( $I_{tk+1}$ ) in wenigstens einem Bereich eines Höhenniveaus ( $H_{tk-m}^j$ ) erfolgt, das wenigstens eine Phasengrenze ( $PG_{tk-m}^j$ ) zweier benachbarter Phasen ( $P_{tk-m}^j$  ;  $P_{tk-m}^{j+1}$ ) mindestens eines vorangegangenen Abtastzeitpunktes ( $t_{k-m}$ ) umfasst.
2. Verfahren zur Bestimmung eines Massestromes eines fließenden, schäumenden Fluidstroms (5), insbesondere eines Milchstroms, der übereinander geschichtete Phasen ( $P^j$ ) aufweist, bei dem zu jedem Abtastzeitpunkt ( $t_k$ ) ein Ist-Profil ( $I_{tk}$ ) und die zugehörigen Höhenniveaus ( $H_{tk}^j$ ) der übereinander geschichteten Phasen ( $P_{tk}^j$ ) des geschäumten Fluidstroms (5) ermittelt werden, wobei die Bestimmung eines zu einem späteren Zeitpunkt ( $t_{k+1}$ ) zugehörigen Ist-Profiles ( $I_{tk+1}$ ) in wenigstens einem Bereich eines Höhenniveaus ( $H_{tk-m}^j$ ) erfolgt, das wenigstens eine Phasengrenze ( $PG_{tk-m}^j$ ) zweier benachbarter Phasen ( $P_{tk-m}^j$  ;  $P_{tk-m}^{j+1}$ ) mindestens eines vorangegangenen Abtastzeitpunktes ( $t_{k-m}$ ) umfasst und die zu den verschiedenen Phasen ( $P^j$ ) zugehörigen Dichten ( $\rho^j$ ), Höhensegmente ( $h^j$ ), Breiten ( $b^j$ ) und Geschwindigkeiten ( $v^j$ ) des Fluidstroms ermittelt werden, wobei für den Massestrom ( $\dot{m}$ ) gilt:

$$\dot{m} = \sum v^j \rho^j h^j b^j$$

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem, wobei die Dichten ( $\rho^j$ ) der verschiedenen Phasen ( $P^j$ ) nach einem Referenzmodell eines schäumenden Fluidstroms ermittelt werden.
- 5 4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem das Referenzmodell zur Dichte ( $\rho^k$ ) jeder Phase ( $P^k$ ) Informationen über den Zusammenhang zwischen der Dichte ( $\rho^k$ ) und der Dichte des entgasten Fluids oder den Dichten ( $\rho^j$ ) anderer Phasen ( $P^j$  mit  $k \neq j$ ) enthält.
- 10 5. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem, die Dichten ( $\rho^j$ ) der verschiedenen Phasen ( $P^j$ ) durch Messung ermittelt werden
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei dem die Geschwindigkeiten ( $v^j$ ) der verschiedenen Phasen ( $P^j$ ) durch Messung und/oder aus einem Referenzmodell des schäumenden Fluidstroms bestimmt werden.
- 15 7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Geschwindigkeiten ( $v^j$ ) aus Dicken ( $d^j$ ) der Phasen ( $P^j$ ) ermittelt werden.
- 20 8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Bestimmung der Dicke ( $d^j$ ) der Phasen ( $P^j$ ) an wenigstens zwei zueinander beabstandeten Orten erfolgt und der Zeitversatz ( $\Delta t^j$ ) der zu den Dicken ( $d^j$ ) zugehörigen Signale zur Bestimmung Geschwindigkeit ( $v^j$ ) der Phase ( $P^j$ ) herangezogen wird.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Bestimmung des Ist-Profiles ( $I_{ik}$ ) und/oder die Überprüfung einer möglichen Änderung der Höhenniveaus ( $H_{ik}^j$ ) der Phasenübergänge ( $PG_{ik}^j$ ) und/oder die Bestimmung einer oder mehrerer spezifischer Dichten ( $\rho^j$ ) auf Basis einer Übergangswiderstandsmessung erfolgt.
- 30

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die Übergangswiderstandsmessung zwischen mindestens zwei parallel verlaufend beabstandeten, im freien Fluidstrom (5) teilweise stehenden elektrischen Leitern (1a, 1b) erfolgt.
- 5 11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem der Fluidstrom (5) über eine Kante oder eine Schräge geführt und ein Übergangswiderstandssignal zwischen den mindestens zwei parallel zueinander verlaufend beabstandeten Leitern (1a, 1b) an der Kante oder Schräge bestimmt wird.
- 10 12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, bei dem der Fluidstrom (5) wenigstens in einem Abschnitt eines Fallrohres (3b) geführt und das Übergangswiderstandssignal dort zwischen mindestens zwei parallel zueinander verlaufend beabstandeten Leitern (1a, 1b) bestimmt wird.
- 15 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, bei dem wenigstens ein Leiter segmentiert ausgebildet und einzelne Segmente und/oder Gruppen von Segmenten ansteuerbar sind.
- 20 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Bestimmung des Ist-Profiles ( $I_{ik}$ ) und/oder die Überprüfung einer möglichen Änderung der Höhenniveaus ( $H_{ik}^j$ ) der Phasengrenze ( $PG_{ik}^j$ ) und/oder die Bestimmung einer oder mehrerer spezifischer Dichten ( $\rho^j$ ) auf Basis einer optischen Messung erfolgt.
- 25 15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem die optische Messung mittels optischer Elemente mit örtlich integrierter Auswertung erfolgt.
- 30 16. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem die optische auflösende Messung mittels integrierter Mittel erfolgt.

17. Vorrichtung zur Bestimmung der Masse eines fließenden, schäumenden Fluidstroms (5) insbesondere eines Milchstroms mit

5 einer Meßeinrichtung (9) zur Bestimmung eines Ist-Profiles ( $I_{ik}$ ) und die zugehörigen Höhenniveaus ( $H_{ik}^j$ ) der übereinander geschichteten Phasen ( $P_{ik}^j$ ) des geschäumten Fluidstroms (5) zu vorgegebenen Abtastzeitpunkten ( $t_k$ ),

10 einer Speichereinheit (10), in der die für das Ist-Profil ( $I_k$ ) signifikanten Daten gespeichert werden,

einer Auswerteeinheit (11), in der das Ist-Profil ( $I_k$ ) hinsichtlich relevanter Größen, insbesondere hinsichtlich Höhensegmente ( $h^j$ ), Breiten ( $b^j$ ) des Fluidstroms und Geschwindigkeiten ( $v^j$ ), der spezifischen Dichte ( $\rho^j$ ) und der Phasenübergänge ( $PG_{ik}^j$ ) des Ist-Profiles ( $I_{ik}$ ), ausgewertet wird,

15 einer Vergleichseinheit (12), durch die eine Überprüfung erfolgt, ob eine Veränderung der Höhenniveaus ( $H_{ik}^j$ ) der Phasenübergänge ( $PG_{ik}^j$ ) gegenüber den entsprechenden Höhenniveaus ( $H_{ik-m}^j$ ) der vorhergehend ermittelten Phasenübergänge ( $PG_{ik-m}^j$ ) vorliegt,

20 einer Steuereinheit (13), die mit der Vergleichseinheit (12) und der Messeinrichtung (9) elektrisch verbunden ist, wobei die Steuereinheit (13) die Messeinrichtung (9) so in vorgegebenen Zeitintervallen in Abhängigkeit von dem Ergebnis des Vergleichs ansteuert, daß eine Messung wenigstens im Höhenbereich der vorhergehend ermittelten Phasenübergänge ( $PG_{ik-m}^j$ ) erfolgt und mit  
25 einer Einrichtung (14) zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit des Fluidstromes (5).

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts der Messvorrichtung (9) eine Konformiereinrichtung (2) für  
30 den Fluidstrom (5) vorgesehen ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Messvorrichtung (9) durch wenigstens ein Widerstandsmessgerät (4) gebildet ist, das mindestens zwei parallele zueinander verlaufend beabstandete elektrische Leiter (1a, 1b) aufweist, wobei die elektrischen Leiter (1a, 1b) so im freien Fluidkanal (3) angeordnet sind, daß sie beide stets von dem Fluidstrom (5) teilweise umspülbar sind.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter (1a, 1b) parallel zueinander verlaufend beabstandet an einer Kante oder einer Schrägen angeordnet sind.
21. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter (1a, 1b) parallel zueinander verlaufend beabstandet in einem Fallrohr (3b) angeordnet sind.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß diese zusätzlich eine Einrichtung (6) zur Bestimmung des Leitwertes des Fluids und/oder einer optischen Dichte enthält.
23. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (9) optische Elemente mit einer örtlich integrierten Auswertung aufweist.
24. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (9) optische Elemente mit einer optisch auflösenden Auswertung aufweist.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Leiter segmentiert ausgebildet und einzelne Segmente und/oder Gruppen von Segmenten ansteuerbar sind.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß diese zwei in Strömungsrichtung des Fluidstroms (5) hintereinander angeordnete Messeinrichtungen (9) aufweist, die mit einer Korrelationseinheit verbunden sind.

1/4

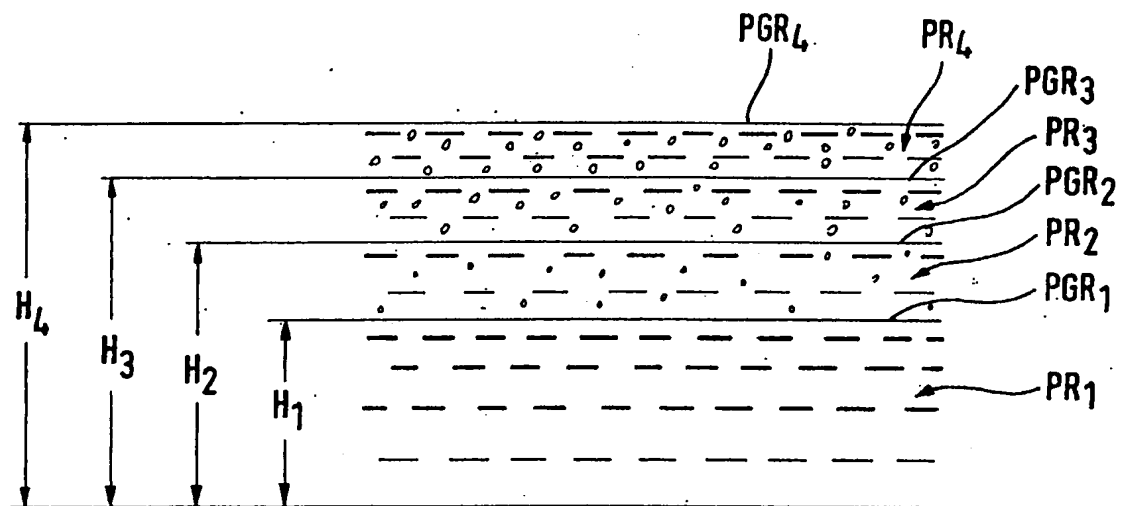


FIG. 1

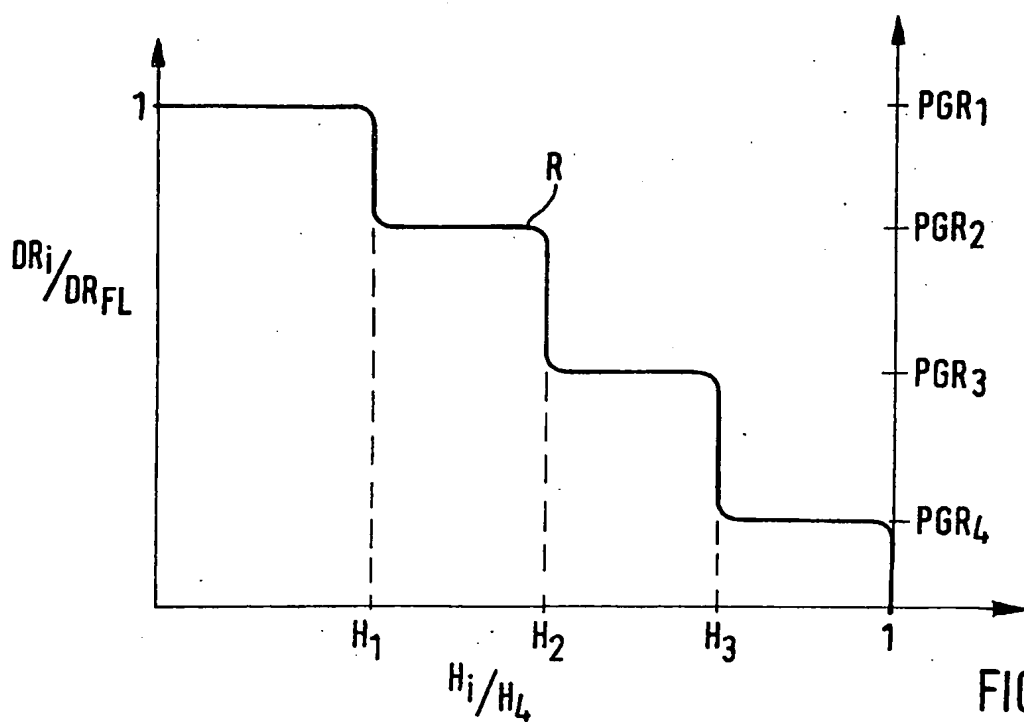


FIG. 2

2/4

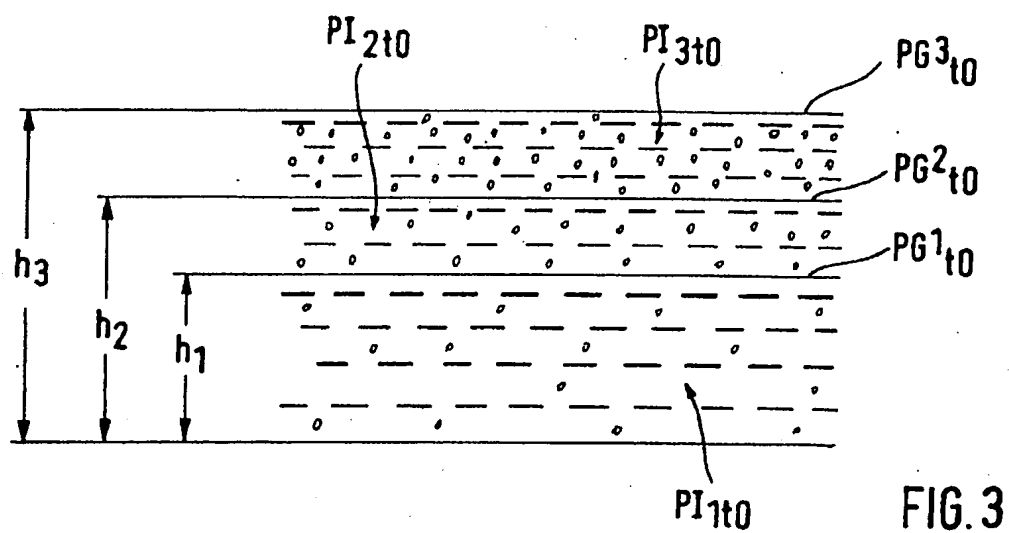
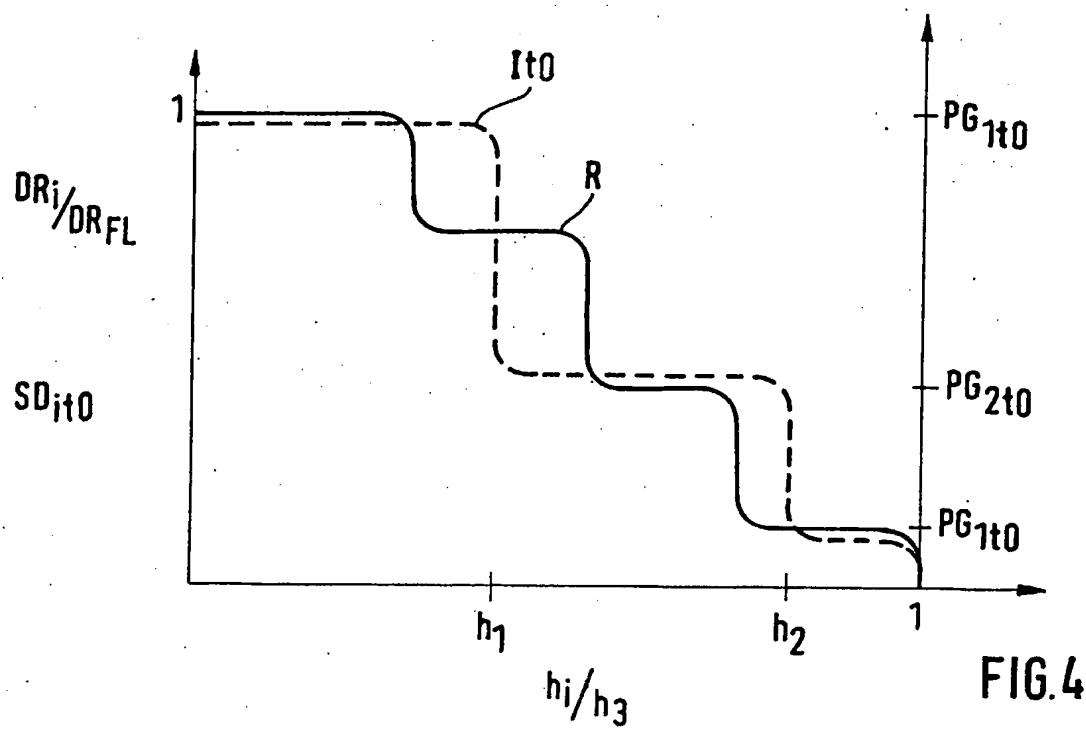


FIG. 3





3/4

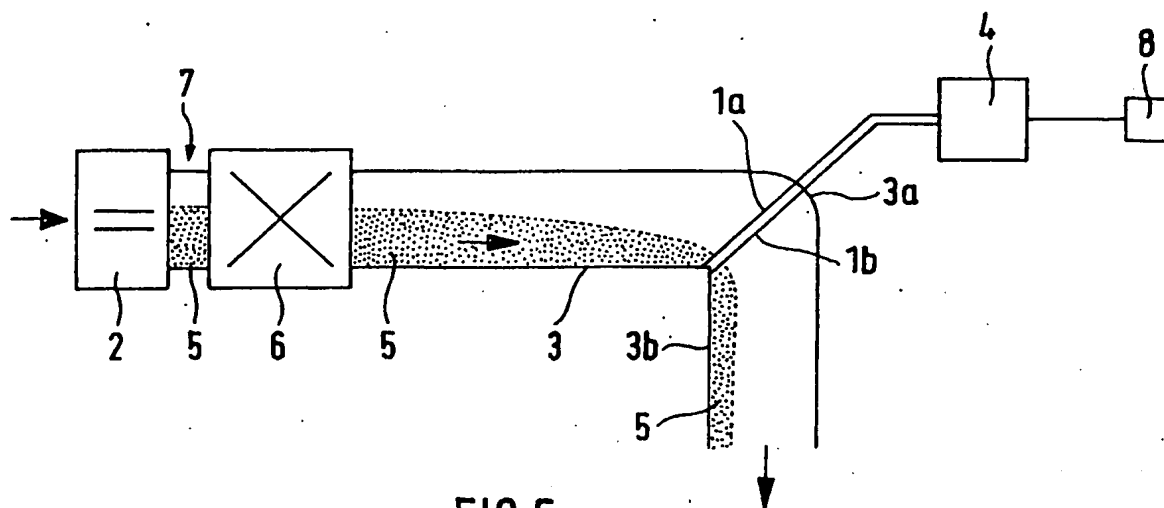


FIG. 5

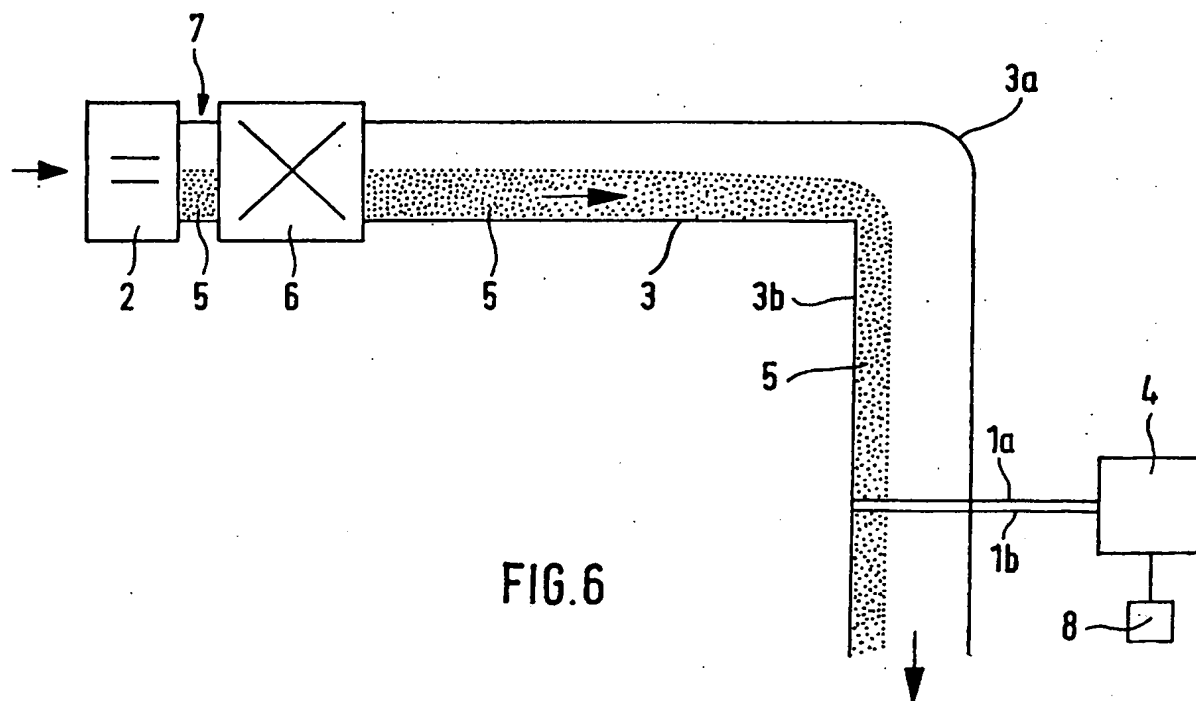


FIG. 6

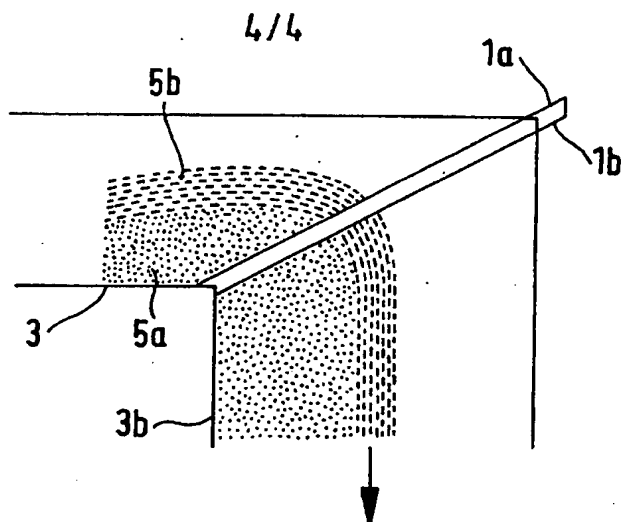


FIG. 7

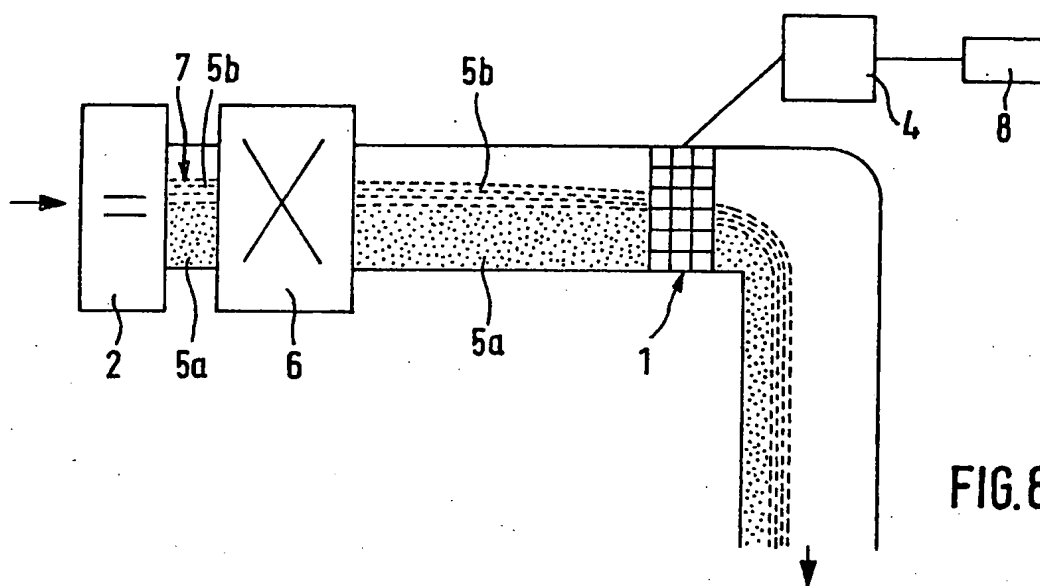


FIG. 8

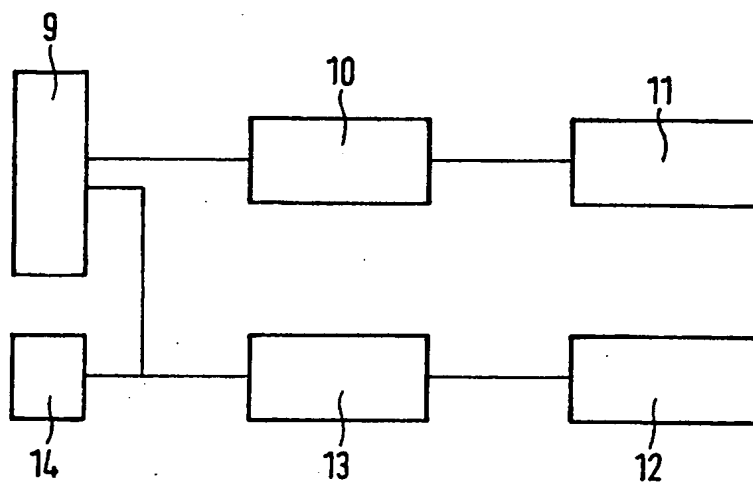


FIG. 9

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/01030

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01F1/74 G01F1/86 G01F1/712 G01N9/36 G01N27/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01F G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 315 201 A (HOEFELMAYR BIO MELKTECH) 10 May 1989 (1989-05-10) cited in the application the whole document	1-26
A	US 3 370 466 A (YI-CHUNG CHANG) 27 February 1968 (1968-02-27)  the whole document	1,2,5, 9-12,17, 19-22
A	US 5 877 417 A (ARVIDSON LAWRENCE C ET AL) 2 March 1999 (1999-03-02) column 4, line 32 -column 12, line 10; figures 1-9	1-26
A	DE 93 16 008 U (ULTRAKUST ELECTRONIC GMBH) 10 February 1994 (1994-02-10) the whole document	1-26

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*A\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 June 2002

Date of mailing of the international search report

01/07/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Boerrigter, H

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/01030

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0315201	A	10-05-1989	DE 3737607 A1	24-05-1989
			AT 127222 T	15-09-1995
			AU 606762 B2	14-02-1991
			AU 2453588 A	11-05-1989
			CA 1328747 A1	26-04-1994
			DD 283460 A5	10-10-1990
			DE 3854374 D1	05-10-1995
			DK 585688 A	25-05-1989
			EP 0315201 A2	10-05-1989
			ES 2079353 T3	16-01-1996
			HU 65727 A2	28-07-1994
			IL 88240 A	24-06-1994
			JP 2115920 C	06-12-1996
			JP 2138829 A	28-05-1990
			JP 8020353 B	04-03-1996
			LT 1410 A ,B	25-05-1995
			LV 10342 A ,B	20-10-1994
			NZ 226851 A	26-03-1991
			SU 1836624 A3	23-08-1993
			US 5035139 A	30-07-1991
			US 5094112 A	10-03-1992
US 3370466	A	27-02-1968	NONE	
US 5877417	A	02-03-1999	NONE	
DE 9316008	U	10-02-1994	DE 9316008 U1	10-02-1994

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/01030

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01F1/74 G01F1/86 G01F1/712 G01N9/36 G01N27/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01F G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	EP 0 315 201 A (HOEFELMAYR BIO MELKTECH) 10. Mai 1989 (1989-05-10) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-26
A	US 3 370 466 A (YI-CHUNG CHANG) 27. Februar 1968 (1968-02-27)  das ganze Dokument	1,2,5, 9-12,17, 19-22
A	US 5 877 417 A (ARVIDSON LAWRENCE C ET AL) 2. März 1999 (1999-03-02) Spalte 4, Zeile 32 -Spalte 12, Zeile 10; Abbildungen 1-9	1-26
A	DE 93 16 008 U (ULTRAKUST ELECTRONIC GMBH) 10. Februar 1994 (1994-02-10) das ganze Dokument	1-26

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Juni 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/07/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Boerrigter, H

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/01030

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0315201	A	10-05-1989	DE 3737607 A1 24-05-1989
		AT 127222 T 15-09-1995	
		AU 606762 B2 14-02-1991	
		AU 2453588 A 11-05-1989	
		CA 1328747 A1 26-04-1994	
		DD 283460 A5 10-10-1990	
		DE 3854374 D1 05-10-1995	
		DK 585688 A 25-05-1989	
		EP 0315201 A2 10-05-1989	
		ES 2079353 T3 16-01-1996	
		HU 65727 A2 28-07-1994	
		IL 88240 A 24-06-1994	
		JP 2115920 C 06-12-1996	
		JP 2138829 A 28-05-1990	
		JP 8020353 B 04-03-1996	
		LT 1410 A ,B 25-05-1995	
		LV 10342 A ,B 20-10-1994	
		NZ 226851 A 26-03-1991	
		SU 1836624 A3 23-08-1993	
		US 5035139 A 30-07-1991	
		US 5094112 A 10-03-1992	
US 3370466	A	27-02-1968	KEINE
US 5877417	A	02-03-1999	KEINE
DE 9316008	U	10-02-1994	DE 9316008 U1 10-02-1994